

ZUZANNA BROŻEK-MUCHA

Zakład Kryminalistyki Instytutu Ekspertyz Sądowych w Krakowie

Postrzał – poszukiwanie śladów w otoczeniu strzelającego

ABSTRACT

The physical and chemical examinations of evidence materials in shooting cases are useful in establishing the circumstances of a shooting incident. The most important investigative problems embrace the relation of a person with the fact of using a gun, establishing the entrance and exit of a gunshot wound, estimation of shooting distance and group identification of the kind of ammunition used. Fulfilling each of the aims may significantly contribute to the incident reconstruction. The investigative material is collected from various substrates, e.g. from hands, face and clothing of the suspected shooters; from the interior of a car; from the surroundings of the gunshot wounds in tissue fragments as well as the clothing of the victims; from the interior of the cartridge case and the gun itself. Examinations of the evidence materials are performed with microanalytical methods, such as infrared spectrometry (IR), scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectrometry (SEM-EDX) as well as X-ray fluorescence spectrometry (XRF). Gunshot residue in the form of metallic particles, originating from the primer of ammunition, is one of the most valuable pieces of evidence as it may lead to determining the relation of a suspect with the fact of using a gun. Examinations of such particles are performed using the SEM-EDX method. Routinely, they enable us to identify a gunshot particle, i.e. to differentiate them from particles of similar chemical and morphological properties but of different origin. However, more advanced examinations of the properties of gunshot residue in relation to the kind of ammunition used, the substrate and the distance from the gun were undertaken in the Institute of Forensic Research, Krakow to establish challenges faced while preparing forensic expertise. The presented article provides an illustration of the application of the obtained results of the performed study during daily casework of the author.

Wprowadzenie

Fizykochemiczne badania dowodów rzeczowych w sprawach postrzałów są przydatne w wyjaśnianiu okoliczności zdarzenia. Jedne z ważniejszych problemów badawczych obejmują: powiązanie osoby z faktem użycia broni palnej, ustalenie wlotu i wylotu pocisku w przestrzelinie, ocenę odległości strzału oraz ustalenie rodzaju amunicji użytej w zdarzeniu. Materiał do badań jest pobierany z różnorodnych podłoży, na przykład z dłoni, twarzy i odzieży osób podejrzanych, z wnętrza samochodu, z okolic przestrzelin w odzieży i wycinków tkanek osób pokrzywdzonych, z wnętrza łuski odnalezionej na miejscu zdarzenia, z wnętrza lufy broni czy też z powierzchni pocisku. Badania materiałów dowodowych najczęściej przeprowadza się metodami mikroanalitycznymi, takimi jak spektrometria w podczerwieni (IR), elektronowa mikroskopia skaningowa ze spektrometrią rentgenowską (SEM-EDX), jak również spektrometria fluorescencji rentgenowskiej (XRF)¹.

Prowadzone w sprawach postrzałów badania materiału dowodowego zwykle przybierają postać wymienionych zadań cząstkowych, a także mogą składać się na ekspertyzę kompleksową, obejmującą kilka spośród zasygnalizowanych problemów oraz analizę akt sprawy w celu rekonstrukcji zdarzenia lub oceny prawdopodobieństwa konkurencyjnych wersji zdarzenia². Rozwiązanie każdego z zadań wymaga opracowania i zastosowania odpowiednich metod badawczych, bowiem na jakość opinii istotny wpływ mają zarówno podejmowane badania naukowe, jak i wprowadzanie i przestrzeganie reguł dobrej praktyki laboratoryjnej oraz procedur zapobiegających kontaminacji materiału dowodowego cząstkami powystrzałowymi, które nie są związane z badanym zdarzeniem. Procedury te powinny zostać wypełnione na każdym etapie postępowania z dowodami, od momentu ich pobrania, aż do zakończenia badań laboratoryjnych i przekazania zlecniodawcy³.

Celem prezentowanego artykułu jest przybliżenie problematyki badań pozostałości powystrzałowych wraz z krytyczną oceną możliwości i ograniczeń zastosowanych metod badawczych na przykładach z praktyki opiniodawczej autorki.

¹ Por. Z. Brożek-Mucha, *Balistyka chemiczna*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2008, s. 41–100.

² Por. Z. Brożek-Mucha, J. Jarosz, *Rekonstrukcja zdarzenia z użyciem broni palnej na podstawie studium akt sprawy i badań pozostałości powystrzałowych*, „Z Zagadnień Nauk Sądowych” 2001, nr XLV, s. 109–121; Z. Brożek-Mucha, *Postrzał w czasie kontroli drogowej – rekonstrukcja zdarzenia na podstawie studium akt sprawy i badań śladów powystrzałowych*, „Z Zagadnień Nauk Sądowych” 2002, nr LI, s. 119–136.

³ Zob. Z. Brożek-Mucha, *Balistyka chemiczna...*, s. 95–96.

Powiązanie osoby podejrzanej z faktem użycia broni palnej

Istotnym wyzwaniem wobec balistyki sądowej było ustalenie związku osoby podejrzanej ze zdarzeniem, w którym użyto broni palnej. Poczynając od około 1933 roku, podejmowano kolejne próby wykorzystania w tym celu reakcji barwnych rozmaitych odczynników chemicznych ze znajdującymi się na dłoniach osoby strzelającej śladami azotanów i azotynów oraz drobin metali, takich jak ołów, antymon i bar. W późniejszym okresie zaczęto stosować czułe metody spektroskopowe umożliwiające wykrywanie tych pierwiastków w śladowych ilościach (np. metodę neutronowej analizy aktywacyjnej – *neutron activation analysis* [NAA]). Metody te jednakże nie umożliwiały odróżnienia wykrywanych metali bądź środków utleniających pochodzenia powystrzałowego od identycznych, lecz pochodzących z innych, środowiskowych źródeł. Przełomem w tej dziedzinie stało się wykorzystanie do tego celu elektronowej mikroskopii skaningowej sprzężonej z energodispersyjną spektrometrią promieniowania rentgenowskiego (*scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy* – SEM-EDX). Po raz pierwszy uczynił to w 1975 roku dr Robin Keeley z Forensic Science Service w London Metropolitan Police. Obecnie metoda ta jest zatem uznana za najbardziej specyficzną w wykrywaniu niepowtarzalnych cząstek powystrzałowych pochodzących ze zużytej podczas wystrzału masy spłonki amunicji do broni palnej, bowiem pozwala ona na jednoczesną analizę składu pierwiastkowego cząstek i obserwację ich niepowtarzalnej morfologii wykazującej cechy stopienia i nagłego schłodzenia, jaka jest rezultatem gwałtownych zmian warunków termodynamicznych zachodzących wewnątrz łuski naboju oraz wewnątrz lufy broni palnej podczas wystrzału. Wraz ze wzrostem przestępczości z użyciem broni palnej w Polsce po roku 1990, a co za tym idzie, wraz z rosnącym zapotrzebowaniem na ekspertyzę w zakresie wykrywania metalicznych pozostałości powystrzałowych, w 1995 roku w Instytucie Ekspertyz Sądowych rozpoczęto badania w tym zakresie, a w 1999 roku wdrożono je do praktyki w Centralnym Laboratorium Kryminalistycznym Komendy Głównej Policji w Warszawie⁴.

Kryteria identyfikacji cząstek powystrzałowych obejmują ich skład pierwiastkowy, tj. rzadko spotykany w otoczeniu człowieka zestaw pierwiastków metalicznych: ołowiu, antymonu i baru w przypadku najczęściej stosowanej amunicji tradycyjnej, a także morfologię cząstek odzwierciedlającą gwałtowność procesów fizykochemicznych zachodzących podczas wystrzału, w szczególności szybkie przejście kropli metali z fazy ciekłej do stałej. Na podstawie

⁴ Zob. A. Filewicz, *Kryminalistyczne badania pozostałości po wystrzale z broni palnej (GSR)*, Wydawnictwo Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego GKP, Warszawa 2001, s. 14.

doświadczeń z tak zwaną amunicją tradycyjną eksperci z Europy Zachodniej i USA opracowali na początku lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia tak zwany formalny schemat klasyfikacji śladów powystrzałowych, który obejmował podział na cząstki unikatowe (*unique*) oraz indykatywne (*indicative*). Za unikatowe, czyli pozwalające na wydanie katégorycznej opinii o stwierdzeniu obecności śladów powystrzałowych, uważano cząstki zawierające ołów, antymon i bar (Pb-Sb-Ba). Za indykatywne, czyli pozwalające na wnioskowanie z dużym prawdopodobieństwem o obecności śladów powystrzałowych, uznano dwuskładnikowe cząstki zawierające ołów, antymon i bar (Pb-Sb, Pb-Ba, Sb-Ba), jednoskładnikowe drobiny ołowiu, antymonu i baru (Pb, Sb i Ba), a w późniejszym czasie również cząstki zawierające bar, wapń i krzem (Ba-Ca-Si). Schemat ten jest obecnie używany rutynowo także w Polsce, jednakże został on zmodyfikowany po 1999 roku z uwagi na publikację Luciano Garofano i współpracowników, w której autorzy przedstawili pojedynczą cząstkę trójskładnikową o obłych kształtach, a więc o morfologii przypominającej cząstkę powystrzałową, jednak ujawnioną pośród mikrośladów pobranych z klocków hamulcowych samochodu⁵. Wówczas eksperci europejscy odstąpili od terminów „unikatowe” i „indykatywne” na rzecz określeń „charakterystyczne” (*characteristic*) oraz „zgodne z powystrzałowymi” (*consistent with gunshot residue*). Odtąd nie mówi się o identyfikacji cząstek powystrzałowych z pewnością, lecz z bardzo dużym prawdopodobieństwem, podobnie jak w przypadku wszelkich innych mikrośladów kryminalistycznych. Nadal jednak cząstkom trójskładnikowym, zwłaszcza licznie występującym w badanym materiale, przyporządkowana jest najwyższa wartość dowodowa.

Ujawnienie cząstek charakterystycznych (lub zgodnych z pozostałościami powystrzałowymi) w materiale pobranym z rąk bądź odzieży osoby podejrzanej pozwala stwierdzić z bardzo dużym lub dużym prawdopodobieństwem, że osoba ta strzelała, dotykała bądź broni, z której strzelano, bądź jakiegokolwiek zanieczyszczonego pozostałościami powystrzałowymi przedmiotu, albo znajdowała się w bezpośrednim pobliżu, gdy oddano strzał z broni palnej.

W celu powiązania osoby z użyciem broni palnej nie tylko podaje się liczbę i skład chemiczny cząstek ujawnionych w materiale dowodowym pobranym od tej osoby, lecz także dokonuje się oceny ich wartości dowodowej, opierając się na znajomości problematyki związanej z rozpowszechnieniem i trwałością śladu w postaci charakterystycznych cząstek powystrzałowych. Brak wyczerpujących informacji na ten temat w literaturze fachowej zainspirował autorkę do przeprowadzenia własnych badań dotyczących tej problematyki.

⁵ Por. L. Garofano, M. Capra, F. Ferrari, G.P. Bizzaro, D. DiTullio, M. Dell’Olio, A. Ghitti, *Gunshot Residue Further Studies on Particles of Environmental and Occupation Origin*, „Forensic Science International” 1999, nr 103, s. 1–21.

Systematyczne badania nad kinetyką utraty pozostałości powystrzałowych dla próbek pobranych jednocześnie z rąk, twarzy, włosów i odzieży osób strzelających, poprzez oszacowanie czasów połowicznej ich utraty z badanych powierzchni oraz określenie wpływu na ten proces składu chemicznego i cech morfologicznych cząstek, stanowiły temat publikacji, która po raz pierwszy podejmowała to zagadnienie w tak szerokim ujęciu⁶. Do badań wybrano amunicję Luger 9 mm produkcji czeskiej fabryki Sellier & Bellot, o spłonce złożonej z trinitrorezorcynianu lub azydu ołowiu jako inicjatora, azotanu baru jako utleniacza oraz siarczku antymonu w roli paliwa. Amunicja ta zapewniała obecność cząstek trójskładnikowych Pb-Sb-Ba w materiale badawczym. W eksperymencie wzięło udział pięć osób, a strzały testowe wykonano w dziewięciu podejściach, tak aby otrzymać dane w zakresie od zera do czterech godzin, w interwałach półgodzinnych. Dla danych będących średnią arytmetyczną liczby cząstek wykrytych w pięciu próbach (dla pięciu probantów) wykonano obliczenia okresu połowicznej utraty drobin dla każdego z trzech podłoży, z których pobierano próby mikrośladów: (i) dłoni, (ii) twarzy i włosów oraz (iii) odzieży. Okres połowicznej utraty cząstek trójskładnikowych Pb-Sb-Ba wyniósł około 30 minut dla dłoni, około 60 minut dla odzieży oraz około 140 minut dla próbki pobranej z twarzy i włosów osoby strzelającej. Okres połowicznej utraty wszystkich ujawnionych cząstek wyniósł około 50 minut dla dłoni, około 60 minut dla odzieży oraz około 170 minut dla próbki pobranej z twarzy i włosów osoby strzelającej. Po przeanalizowaniu częstości występowania cząstek poszczególnych klas chemicznych, będących kombinacjami ołowiu, antymonu i baru, w funkcji czasu ustalono, że skład chemiczny cząstek nie wykazał istotnej zależności od czasu pobierania próbki po oddaniu strzału. Natomiast w próbkach mikrośladów pobranych po upływie dłuższych odcinków czasu po oddaniu strzału zaobserwowano rosnący udział cząstek o średnicy większej od 1 mikrometra w populacji ujawnionych drobin oraz ich nieregularną morfologię, znacznie odbiegającą od kulistej.

Z przeprowadzonych badań można wywnioskować, że cząstki metaliczne wykazują znacznie dłuższy okres półtrwania na twarzy i włosach oraz odzieży osoby strzelającej niż na jej dłoniach. Jest zatem uzasadnione sformułowanie rekomendacji, aby w poczet zabezpieczanego materiału dowodowego w sprawach postrzału włączyć również próbki pobrane z twarzy i włosów podejrzanych oraz ich odzież, w szczególności gdy od momentu zdarzenia do chwili pobierania materiału dowodowego upłynął czas dłuższy niż cztery godziny. Obecnie w kraju rutynowo pobiera się materiał z dłoni osób podejrzewanych

⁶ Por. Z. Brożek-Mucha, *Chemical and Morphological Study of Gunshot Residue Persisting on the Shooter by Means of Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-ray Spectrometry*, „Microscopy and Microanalysis” 2011, nr 17, s. 972–982.

oraz odzież z przestrzelinami od osób pokrzywdzonych, co zapewnia wykrywalność drobin powystrzałowych wtedy, gdy podejrzany zostaje ujęty bezpośrednio po zdarzeniu. Prawidłowe zabezpieczenie materiału dowodowego w takiej sytuacji, kiedy na przykład domniemany sprawca jest ujęty znacznie później, pozostaje w gestii prokuratora i technika kryminalistyki.

W celu dokonania oceny rozpowszechnienia cząstek powystrzałowych, a więc określenia poziomu kontaminacji tymi cząstkami różnych środowisk zawodowych w Polsce, przeprowadzono badania stuosobowej grupy ochotników. Zbadano ogółem 120 próbek, w tym 45 próbek pobranych z dłoni osób posługujących się bronią palną, 75 próbek z dłoni osób deklarujących brak kontaktu z bronią oraz brak kontaktu z osobami posługującymi się bronią. Wyniki tych badań również wskazują na ścisłe powiązanie faktu występowania licznych cząstek powystrzałowych jedynie w związku z użyciem broni lub bezpośrednim kontaktem z osobami i przedmiotami zanieczyszczonymi tymi drobinami w wyniku strzału, który nastąpił w ich otoczeniu w ostatnim czasie, tj. do pięciu godzin przed pobraniem próbek do badań. W próbkach pobranych z dłoni 75-osobowej grupy osób niemających kontaktu z bronią palną cząstki powystrzałowe nie występowały, natomiast w 45-osobowej grupie funkcjonariuszy policji i myśliwych u 19 osób wykazano obecność od 1 do 27 cząstek Pb-Sb-Ba. Jednak po zastosowaniu kryterium obniżonego ryzyka kontaminacji tymi cząstkami, tj. pobraniu próbek po upływie co najmniej pięciu godzin od ostatniego strzału, 15 na 16 funkcjonariuszy policji (94%) i 8 na 10 myśliwych (80%) było wolnych od zanieczyszczenia cząstkami Pb-Sb-Ba. Na podstawie tych badań została sformułowana rekomendacja, aby technik kryminalistyki pobierający materiał dowodowy od osób podejrzewanych w sprawie postrzału nie posługiwał się wcześniej bronią, ewentualnie pobierał na wstępie próbkę kontrolną z własnych rąk⁷.

Dokonano również oceny potencjalnego zagrożenia kontaminacją charakterystycznymi cząstkami powystrzałowymi laboratorium, w którym znajduje się elektronowy mikroskop skaningowy sprzężony ze spektrometrią promieniowania rentgenowskiego służący do badań cząstek powystrzałowych. Analizując 30 próbek mikrośladów pobranych w Pracowni Badania Mikrośladów IES w różnych odstępach czasu przez okres pięciu lat, nie ujawniono cząstek o składzie chemicznym i morfologii wskazującej na pozostałości powystrzałowe. Potwierdziło to słuszność przyjętych zasad postępowania z materiałem dowodowym i procedur zapobiegających kontaminacji laboratorium.

Z uwagi na cechy morfologiczne, a w szczególności kulisty kształt, cząstki powystrzałowe reprezentują znacznie szerszą klasę materii obecną w oto-

⁷ Por. Z. Brożek-Mucha, *Balistyka chemiczna* [w:] J. Wójcikiewicz (red.), *Ekspertyza sądowa. Zagadnienia wybrane*, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa 2007, s. 167–189.

czeniu człowieka zwaną sferulami. We frakcji pyłowej gleby mogą być obecne szkliste bądź metaliczne sferule pochodzenia naturalnego – pozaziemskiego, świadczące o upadku meteorytu w tym miejscu. W odróżnieniu od nich cząstki powystrzałowe są sferulami antropogenicznymi, podobnie jak drobiny powstające podczas użycia środków wybuchowych, pirotechnicznych, a nawet podczas procesów spalania węgla oraz spawania. W związku z brakiem danych literaturowych dotyczących możliwości rozróżniania cząstek powstających podczas procesów spawania konstrukcji metalowych od cząstek powystrzałowych, szczególnie pochodzących z amunicji bezołowiowych, przeprowadzono badania własne, mające na celu ocenę ryzyka uznania takich cząstek za powystrzałowe. Przedmiotem badań były zarówno cząstki metaliczne pochodzące ze spawania elementów stalowych oraz aluminiowych, jak i niezmiennione otuliny 11 elektrod 10 różnych typów, między innymi rutyłowe, rutyłowo-celulozowe, stopowe i zasadowe. Próbkę materiałów zostały poddane analizie metodą SEM-EDX. W próbkach drobin pochodzących ze spawania zarówno stali, jak i aluminium obecne były cząstki pochodzące ze spawanych metali (Fe, Al), z otulin elektrod (Ti, Si i in.), a także znaczące liczby kulistych cząstek zawierających na powierzchni częściowo skryształizowany tlenek żelaza (Fe_2O_3). Średnice tych cząstek zawierały się w przedziale dziesiątek mikrometrów, podczas gdy znaczna większość cząstek powystrzałowych ma rozmiary rzędu 1 mikrometra. Zatem cząstki te traktowane nie pojedynczo, lecz jako grupa wykazują odmienny skład chemiczny i odmienne cechy morfologiczne od cząstek powystrzałowych, a więc liczne populacje cząstek pochodzących ze spawania nie stanowią zagrożenia fałszywie pozytywnej ich identyfikacji jako cząstek powystrzałowych. Jednakże w przypadku wykrycia pojedynczych cząstek glinowych lub tytanowych nie ma możliwości odróżnienia ich od cząstek powystrzałowych pochodzących z amunicji, w których użyto sproszkowanego glinu lub tytanu w roli paliwa w mieszaninie spłonki⁸.

Typowanie rodzaju amunicji na podstawie fizykochemicznych badań pozostałości powystrzałowych

Identyfikacja cząstek powystrzałowych metodą SEM-EDX, oprócz powiązania osoby z wystrzałem z broni palnej, może też być wykorzystana do typowania

⁸ Por. Z. Brożek-Mucha, J. Wąs-Gubała, *Microscopic and Microanalytical Examinations of Metallic Particles and Single Textile Fibres for Forensic Purposes* [w:] A. Mendez-Vilas (red.), *Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology*, Formatex Research Center, Badajoz 2012, s. 1480–1491.

rodzaju amunicji zarówno wtedy, gdy na miejscu zdarzenia ujawniono łuskę nabojoową, jak i gdy do dyspozycji są jedynie cząstki powystrzałowe obecne w próbkach pobranych z dłoni lub odzieży osób uczestniczących w zdarzeniu. W jednym i drugim przypadku opiniowanie wymaga ostrożności i rozległej wiedzy biegłego⁹.

Rezultaty badań nad rozróżnianiem pozostałości powystrzałowych pochodzących z różnych rodzajów amunicji dobitnie pokazały istnienie różnorodności spłonek stosowanych przez producentów amunicji oraz bezpośrednią zależność składu pierwiastkowego cząstek powystrzałowych od rodzaju amunicji, a w szczególności od składu chemicznego masy spłonki¹⁰. Gdy spłonka amunicji ma skład chemiczny odmienny od tradycyjnego, tj. opartego na związkach ołowiu, antymonu i baru, formalny schemat klasyfikacji zawodzi, zaniżając wartość dowodową cząstek powystrzałowych i, co za tym idzie, nie powinien być stosowany bezkrytycznie¹¹. Pozytywnym wynikiem tych badań było wykazanie możliwości grupowego typowania amunicji jedynie na podstawie badań cząstek powystrzałowych¹².

Przeprowadzone badania porównawcze składu chemicznego oraz cech morfologicznych pozostałości powystrzałowych pobranych z rąk osoby strzelającej oraz z wnętrza łuski jednego i tego samego naboju amunicji Luger 9 mm pozwoliły ustalić, że wbrew obiegowej opinii mogą występować istotne różnice w jakościowym i ilościowym składzie chemicznym pomiędzy pozostałościami osadzającymi się na rękach i tymi pozostającymi we wnętrzu łusek¹³. Podczas gdy w przypadku użycia amunicji Sellier & Bellot oraz Dynamit Nobel z miedzianym płaszczem pocisku obserwuje się ten sam skład pierwiastkowy cząstek osiadających między innymi na dłoniach osoby strzelającej i tych pozostających we wnętrzu łuski, to w przypadku amunicji Mesko oraz Dynamit Nobel z cynowym płaszczem pocisku widoczne są zarówno podobieństwa,

⁹ Por. Z. Brożek-Mucha, *Badania metodą SEM-EDX nieorganicznych śladów powystrzałowych pochodzących z amunicji wzór Makarow, kaliber 9 mm*, „Z Zagadnień Nauk Sądowych” 2000, nr XLI, s. 62–89.

¹⁰ Por. Z. Brożek-Mucha, A. Jankowicz, *Evaluation of the Possibility of Differentiation among Various Types of Ammunition by Means of GSR Examinations with SEM-EDX*, „Forensic Science International” 2001, nr 123 (1), s. 39–47.

¹¹ Por. S. Steffen, M. Otto, L. Niewoehner, M. Barth, Z. Brożek-Mucha, J. Biegstraaten, R. Horvath, *Chemometric Classification of Gunshot Residues Based on Energy Dispersive X-ray Microanalysis and Inductively Coupled Plasma Analysis with Mass-spectrometric Detection*, „Spectrochimica Acta part B” 2007, nr 62, s. 1028–1036.

¹² Por. Z. Brożek-Mucha, G. Zadora, *Grouping of Ammunition Types by Means of Frequency of Occurrence of GSR*, „Forensic Science International” 2003, nr 135 (2), s. 97–104.

¹³ Por. Z. Brożek-Mucha, *Comparison of Cartridge Case and Airborne GSR – A Study of Their Elemental Contents and Morphology by Means of SEM-EDX*, „X-ray Spectrometry” 2007, nr 36, s. 398–407.

jak i różnice w jakościowym i ilościowym składzie pierwiastkowym cząstek powystrzałowych pobranych z dłoni osoby strzelającej w stosunku do tych, które pozostają we wnętrzu łuski. W łusce pozostają drobiny, których skład pierwiastkowy jest zgodny ze składem pierwiastkowym masy spłonki. Skład pierwiastkowy drobin opuszczających lufę może natomiast być wzbogacony o pierwiastki pochodzące z rdzenia pocisku (ołów w przypadku amunicji Me-sko) lub jego płaszcz (cyna w przypadku amunicji DN). Cechy morfologiczne porównywanych pozostałości także się różnią. Cząstki metaliczne, których proces formowania kończy się w powietrzu, wykazują kulisty kształt. Gdy jednak krople metalu nie zdążą skrzepnąć przed zderzeniem z twardą i znacznie chłodniejszą powierzchnią wewnętrznych ścianek łuski, wykazują one bardziej złożone, spłaszczone kształty i na ogół znacznie większe rozmiary. Pominięcie możliwych różnic w składzie cząstek pobranych z tych dwóch podłoży podczas interpretacji wyników analitycznych może doprowadzić do fałszywej eliminacji udziału podejrzanego w zdarzeniu z użyciem broni palnej.

Fizykochemiczne badania przestrzelin

Badania przestrzelin tkanek ludzkich, odzieży i innych materiałów tradycyjnie wykonywane są za pośrednictwem metod optycznych: tak wzrokowo, jak i z użyciem mikroskopii optycznej. Są one przeprowadzane w celu dokonania oceny kształtu uszkodzenia, stwierdzenia obecności zmian termicznych, rozległości osmalenia i ujawnienia niespalonych drobin prochu strzelniczego obecnych zwykle w kanale przestrzeliny i wokół niej przy strzałach z pobliza.

Do oszacowania odległości strzału można zastosować specyficzne reakcje chemiczne odczynników tworzących barwne związki z produktami przemiany prochu strzelniczego lub cząstkami metali, lecz tylko i wyłącznie wtedy, gdy do dyspozycji biegłych pozostaje broń oraz ta sama partia amunicji, jaka została użyta w badanym zdarzeniu, a zatem gdy istnieje możliwość przeprowadzenia strzałów testowych. Szereg testowych przestrzelin uzyskanych dla różnych odległości broni od tarczy z uwidocznionym w ten sposób rozkładem drobin powystrzałowych służy jako odniesienie do ujawnionego w ten sam sposób rozkładu pozostałości w przypadku badanej przestrzeliny w odzieży lub ciele człowieka.

W przypadku gdy nie zabezpieczono do badań broni i amunicji, ujawnione na podstawie badań optycznych drobiny prochu, niezmiennione lub częściowo spalone, identyfikuje się metodą spektrometrii w podczerwieni poprzez wykazanie obecności pasm charakterystycznych dla nitrocelulozy i nitrogliceryny

w widmach tych drobin. Identyfikacja cząstek metalicznych, między innymi pochodzących ze spłonki amunicji do broni palnej, metodą SEM-EDX dodatkowo wzbogaca ekspertyzę mającą na celu oszacowanie odległości strzału. Na podstawie badań własnych wykazano, że metoda ta jest niezastąpiona w ocenie odległości strzału w zakresie około 50–100 centymetrów dla broni krótkiej, tj. w zakresie bliskiej odległości, lecz poza dystansem, w którym występują widoczne gołym okiem cechy strzału z pobliża (osmalenie sadzą i rozproszone drobiną niespalonego prochu strzelniczego)¹⁴. Gdy przedmiotem badań jest fragment ludzkiej skóry, często zdarza się, że jest on niewielkich rozmiarów lub zmieniony z powodu zaawansowanego procesu rozkładu gnilnego. Wyciniek taki jest poddawany w całości analizie pierwiastkowej metodą fluorescencji rentgenowskiej (*X-ray fluorescence spectrometry* – XRF). Obserwowane wówczas podwyższone poziomy stężenia metali, takich jak ołów, antymon, cynk i miedź, potwierdzają postrzałowe pochodzenie uszkodzenia i wskazują na ranę wlotową, choć nie dają przyczynku do oceny odległości strzału.

Metodyka badawcza

Dobór metod badawczych stosowanych w laboratorium nauk sądowych jest uzależniony od pytań kierowanych do biegłego przez organ zlecający wykonanie ekspertyzy, jak również od rodzaju przekazanego do badań materiału. W zaprezentowanych w niniejszym artykule kazusach wykorzystano następujące metody badań:

- badania optyczne dowodów rzeczowych z wykorzystaniem między innymi:
 - lupy stereoskopowej SMZ 2T firmy Nikon,
 - mikroskopu stereoskopowego SMZ645 firmy Nikon;
- obserwację obrazu oraz mikroanalizę rentgenowską przy użyciu elektronowego mikroskopu skaningowego JSM-5800 firmy Jeol, sprzężonego ze spektrometrem promieniowania rtg INCA Energy firmy Oxford Instruments (metoda SEM-EDX: detektor Si(Li) chroniony cienkim okienkiem polimerowym ATW – rozdzielczość 133 eV dla linii MnKa przy 10 000 zliczeń impulsów; detekcja pierwiastków od liczby atomowej $Z > 4$ (Be), wykrywalność pierwiastków rzędu 0,1% wag.), w tym między innymi:
 - badania materiału zebranego na stoliki mikroskopowe w kierunku pozostałości powystrzałowych (tzw. GSR – z ang. *gunshot residue*) przeprowa-

¹⁴ Por. Z. Brożek-Mucha, *Distribution and Properties of Gunshot Residue Originating from a Luger 9 mm Ammunition in the Vicinity of the Shooting Gun*, „Forensic Science International” 2009, nr 183, s. 33–44.

dzono metodą automatyczną, przy użyciu programu INCA GSR firmy Oxford Instruments, a następnie zweryfikowano manualnie skład pierwiastkowy oraz morfologię wszystkich ujawnionych cząstek;

- analizę pierwiastkową metodą spektrometrii fluorescencji promieniowania rentgenowskiego z dyspersją energii ED2000, firmy Oxford Instruments (metoda XRF: źródło promieniowania rentgenowskiego – lampa srebrowa (Ag), detektor półprzewodnikowy Si(Li) chroniony okienkiem berylowym (Be) – detekcja pierwiastków od liczby atomowej $Z > 11$ (Na), wykrywalność w przypadku pierwiastków ciężkich jest rzędu 0,001% wag.);
- badania spektrometryczne w podczerwieni przy użyciu spektrometru fourierowskiego FTS 40Pro z mikroskopem UMA 500 f-my Bio-Rad/Digilab, techniką transmisyjną.

Kazus 1

W pewnym domu doszło do rodzinnej sprzeczki i ostrej wymiany zdań, w której uczestniczyły trzy osoby. W wyniku tego mężczyzna wybiegł do innego pomieszczenia, a dwie pozostałe osoby po chwili usłyszały strzał z broni palnej. Na miejscu zdarzenia znajdowało się ciało mężczyzny z raną w klatce piersiowej oraz należąca do niego strzelba myśliwska Bock IŻ MP 27EM. Natychmiast wezwano pogotowie ratunkowe i policję. Lekarz stwierdził zgon. Policja pobrała następujące materiały dowodowe do badań: mikroślady z dłoni denata oraz pozostałych dwóch osób obecnych w domu podczas zdarzenia na osobne stoliki oraz łuskę naboju Saga 12.

Materiały te przekazano Instytutowi Ekspertyz Sądowych w celu udzielenia odpowiedzi na pytania: czy na zabezpieczonych stolikach mikroskopowych znajdują się pozostałości po wystrzale broni palnej oraz czy ewentualnie ujawnione na stolikach pozostałości powystrzałowe pochodzą z zabezpieczonej łuski naboju Saga 12.

W celu udzielenia odpowiedzi na zawarte w postanowieniu pytania nadesłane do Instytutu materiały zostały poddane badaniom w kierunku ujawnienia metalicznych cząstek powystrzałowych, pochodzących ze spłonki amunicji do broni palnej, metodą SEM-EDX. Badania mikrośladów pobranych z wnętrza łuski przeprowadzono metodą manualną, a stolików z materiałem pobranym z dłoni denata i dłoni pozostałych dwóch osób metodą automatyczną, przy użyciu programu INCA GSR firmy Oxford Instruments, a następnie zweryfikowano manualnie skład pierwiastkowy oraz morfologię wszystkich ujawnionych cząstek.

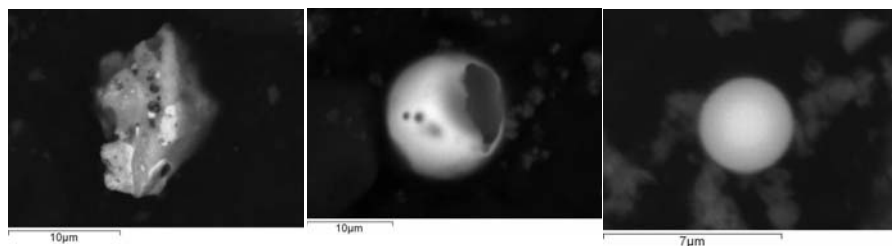
W materiale pobranym z obydwu dłoni osób obecnych w domu podczas zdarzenia oraz z prawej dłoni denata nie ujawniono cząstek, które ze względu na skład chemiczny i cechy morfologiczne wskazywałyby na pozostałości powystrzałowe.

Wśród mikrośladów pobranych na stolik mikroskopowy z lewej dłoni denata ujawniono pozostałości powystrzałowe w postaci czterech cząstek metalicznych o morfologii wykazującej cechy stopienia i szybkiego schłodzenia, zawierających ołów (Pb), antymon (Sb) i bar (Ba) z domieszką wapnia (Ca), krzemu (Si) oraz glinu (Al) zaliczanych do kategorii cząstek charakterystycznych oraz zgodnych z pozostałościami powystrzałowymi. Listę cząstek, w zależności od ich składu chemicznego, zawarto w Tabeli 1, a przykładowe obrazy cząstek przedstawiono na Rysunku 1. Obrazy uzyskano za pomocą sygnału elektronów wstecznie rozproszonych, na których jasna barwa odpowiada pierwiastkom o dużej liczbie atomowej, takim jak ołów ($Z = 82$), antymon ($Z = 51$) i bar ($Z = 56$), a ciemna – pierwiastkom o małej liczbie atomowej, jak na przykład węgiel ($Z = 6$) i tlen ($Z = 8$).

Tabela 1. Liczba i skład pierwiastkowy ujawnionych pozostałości powystrzałowych

Klasy chemiczne cząstek	Lewa dłoń denata
Pb-Sb-Ba (Si, Al)	1
Ba (Ca, Si, Al)	2
Pb	1

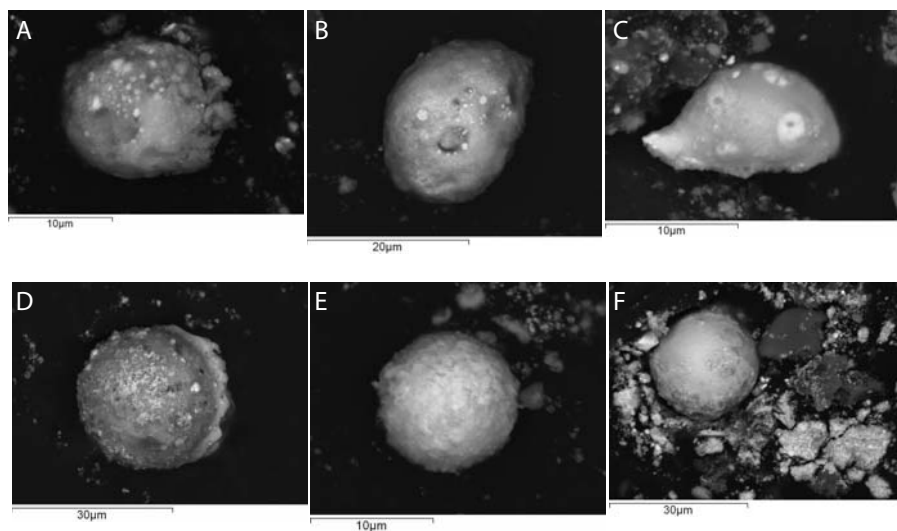
Źródło: badania własne.



Rysunek 1. Obrazy przykładowych cząstek powystrzałowych, ujawnionych w materiale pobranym z lewej ręki denata

Źródło: badania własne.

Pośród drobin pobranych z wnętrza łuski naboju Saga 12 ujawniono liczne cząstki o różnorodnych kształtach, wykazujących cechy stopienia i nagłego ochłodzenia, w skład których wchodziły: ołów, antymon, bar, wapń, krzem i glin, a więc te same pierwiastki, które zostały wykryte w materiale pobranym z lewej dłoni denata. Przykłady zbadanych cząstek przedstawia Rysunek 2.



Rysunek 2. Obrazy przykładowych cząstek powystrzałowych, ujawnionych w materiale pobranym z wnętrza łuski Saga 12. Cząstki A–C zawierają Pb, Sb, Ba, Si, Al, cząstka D – Ba, Ca, Si, Al, cząstka E – Pb, Sb, Ba, cząstka F – Ba, Al

Źródło: badania własne.

Obecność cząstek z kategorii charakterystycznych oraz zgodnych z pozostałościami powystrzałowymi w materiale pobranym z dłoni danej osoby można wytłumaczyć jedną z następujących prawdopodobnych sytuacji: osoba ta strzelała, dotykała broni, z której strzelano, lub jakiegokolwiek zanieczyszczonego pozostałościami powystrzałowymi przedmiotu, albo znajdowała się w bezpośrednim pobliżu, gdy oddano strzał z broni palnej.

Z uwagi na identyczny jakościowy skład pierwiastkowy i podobne cechy morfologiczne drobin ujawnionych w materiale pobranym z lewej ręki denata oraz z wnętrza dowodowej łuski naboju, nie można wykluczyć, że pochodziły one z użycia jednego i tego samego naboju.

Kazus 2

Do Instytutu nadesłano parę spodni barwy czarnej w celu udzielenia odpowiedzi na pytanie, czy w otoczeniu znajdującej się na nich przestrzeliny są obecne pozostałości powystrzałowe, a jeśli tak, to czy ich ilość oraz właściwości świadczą o oddaniu strzału z przyłożenia, z pobliża czy też z innej odległości.

W celu udzielenia odpowiedzi na zawarte w postanowieniu pytania nadesłane do Instytutu materiały zostały poddane badaniom mikroskopowym oraz spektrometrycznym metodą IR oraz metodą SEM-EDX.

W wyniku przeprowadzonych badań ustalono, że dowodowe spodnie wykazują cechy intensywnego użytkowania jako odzieży roboczej, o czym świadczą występujące drobne uszkodzenia mechaniczne i ślady ich napraw oraz zabrudzenia, między innymi w postaci pyłu metalicznego, jak również rozległych plam tłustych. Ponadto na przodzie lewej nogawki spodni, w miejscu odpowiadającym połowie wysokości uda, widoczne było zaplamienie barwy brunatnej oraz otwór o nieregularnych brzegach i szerokości około 9–10 milimetrów (Rys. 3). Nie stwierdzono zmian termicznych włókien w obrębie tego otworu i jego otoczenia.

Z brzegów otworu (Rys. 3) pobrano do badań drobinę substancji barwy szaro-żółtawej przypominające wyglądem niespalone ziarna prochu strzelniczego. Jednakże widma IR tych drobin nie wykazały obecności nitrocelulozy ani nitrogliceryny, tj. podstawowych składników prochu, lecz ujawniły pasma charakterystyczne dla substancji białkowych, najprawdopodobniej pochodzących z zakrzepłej krwi lub innych tkanek. Brak śladów działania podwyższonej temperatury oraz niespalonych drobin prochu strzelniczego pozwala wykluczyć strzał z przyłożenia oraz bezpośredniego pobliża.

Z otoczenia otworu w promieniu około 5 centymetrów pobrano mikroślady na stolik do mikroskopii elektronowej z materiałem przyklepnym poprzez wielokrotne przyłożenie do powierzchni tkaniny spodni, a następnie przeprowadzono ich badania w kierunku ujawnienia cząstek metalicznych pochodzących ze spłonki amunicji do broni palnej metodą SEM-EDX, w sposób automatyczny przy użyciu programu INCA GSR. W następnej kolejności zweryfikowano manualnie skład pierwiastkowy oraz morfologię ujawnionych cząstek. Pośród mikrośladów pobranych na stolik mikroskopowy ujawniono bardzo licznie występujące cząstki metaliczne, tj. około 10 000 sztuk, z których około 9400 stanowiły drobinę stali (zawierające żelazo, chrom i nikiel), około 300 sztuk – drobinę mosiądzu (zawierające miedź i cynk), po kilkadziesiąt sztuk drobin niklu, cyny, miedzi i wolframu, a także trzy cząstki antymonu (Sb), jedną cząstkę antymonowo-ołowiową (Sb, Pb) oraz 30 cząstek ołowio-wych z domieszką cyny (Pb(Sn)). Wymienione cząstki zawierające ołów, an-

tymon lub obydwie te pierwiastki osiągały rozmiary od 1 do 6 mikrometrów, a dwie spośród nich wykazywały cechy stopienia i nagłego ochłodzenia, a zatem nie można wykluczyć, że grupa tych 34 cząstek stanowiła pozostałości po wystrzale z broni palnej, pochodzące ze spłonki.



Rysunek 3. Przestrzelina w przedniej górnej części lewej nogawki spodni

Źródło: badania własne.

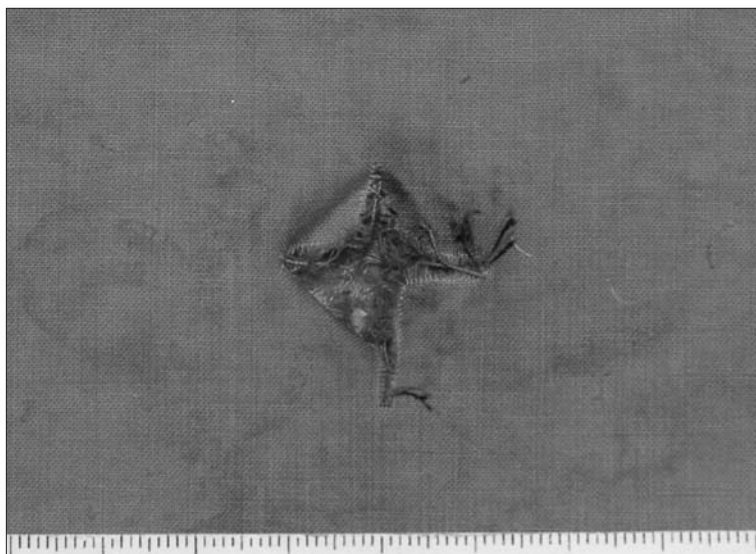
Ogólnie mała liczba ujawnionych metalicznych pozostałości ze spłonki, przy ustalonym uprzednio braku cech strzału z przyłożenia i bezpośredniego pobliża, może świadczyć o strzale z odległości większej niż około 50–70 centymetrów.

Kazus 3

W toku śledztwa w sprawie domniemanego samobójstwa dostarczono do badań fizykochemicznych następujące materiały dowodowe: mikroślady pobrane z rąk denata na stoliki do mikroskopii elektronowej oraz poduszkę z otworem o wyglądzie przestrzeliny. Materiały te przekazano w celu stwierdzenia, czym zostały spowodowane otwory w dowodowej poduszce, oraz czy na poduszce i czy w materiale pobranym na stoliki do mikroskopii elektronowej z prawej dłoni denata znajdują się pozostałości powystrzałowe.

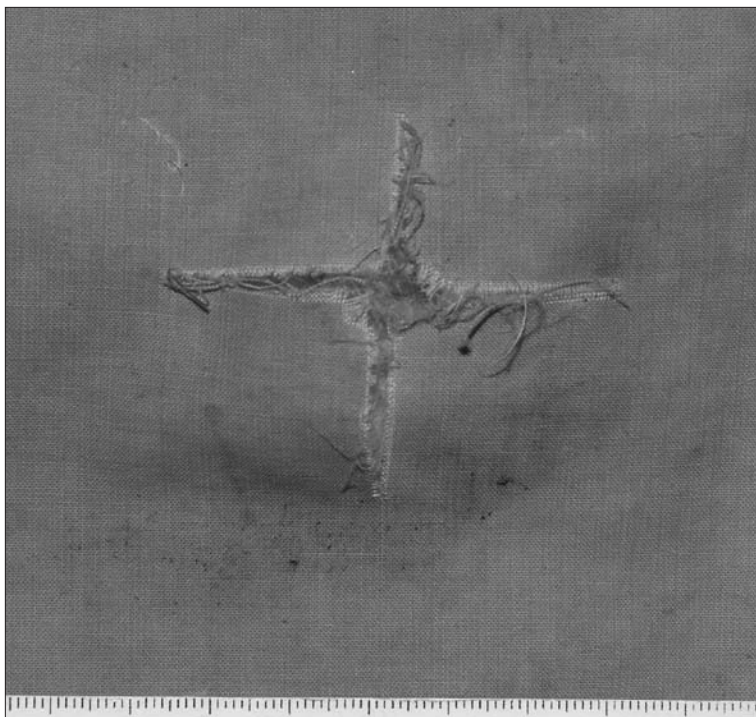
Materiały dowodowe zostały poddane badaniom fizykochemicznym w kierunku ujawnienia pozostałości powystrzałowych zarówno pochodzących z ładunku miotającego (metodą IR), jak i ze spłonki amunicji do broni palnej (metodą SEM-EDX z zastosowaniem programu INCA GSR).

W wyniku badań optycznych w poduszce ujawniono uszkodzenie o wyglądzie przestrzeliny „na wylot” (Rys. 4 i 5) powstałej na skutek strzału z przedstawienia i mocnego docisnięcia lufy do poduszki, o czym świadczy krzyżowe rozdzielanie tkaniny wyspu po obu stronach poduszki oraz obecność śladów osmalenia. Otwór przedstawiony na Rysunku 4 zidentyfikowano jako wlotowy, biorąc pod uwagę fakt zagięcia brzegów uszkodzenia w tkaninie wyspu do środka poduszki, jak również obecność bardzo wąskiego rąbka osmalenia i śladów nadtopienia włókien na brzegach otworu. Przedstawiony na Rysunku 5 otwór wylotowy charakteryzuje się wywiniciem brzegów tkaniny poszewki i wyspu na zewnątrz poduszki oraz obecnością szerszego rąbka osmalenia i obecnością śladów biologicznych: drobnych zaplamień barwy brunatnej i tłustym materiałem. W okolicach brzegów przestrzeliny i w jej kanale ujawniono kilka drobin barwy żółtawej i brunatno-czarnej, jednakże ich widma w podczerwieni nie wykazały zgodności z widmami drobin prochu strzelniczego. Z okręgu o promieniu około 5 centymetrów zarówno wokół otworu wlotowego, jak i wylotowego w poduszce pobrano mikroślady na stoliki mikroskopowe z materiałem przylepnym do badań w celu ujawnienia metalicznych cząstek pochodzących ze spłonki amunicji do broni palnej.



Rysunek 4. Przestrzelina w poduszce

Źródło: badania własne.



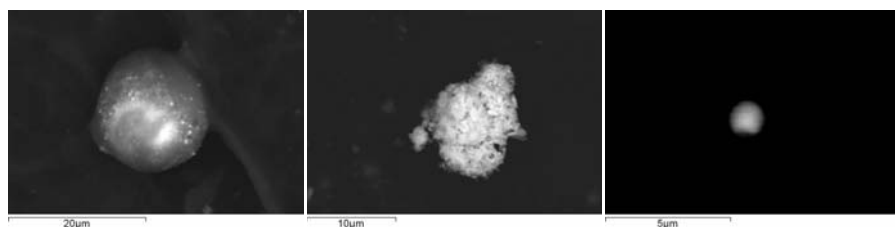
Rysunek 5. Przestrzelina w poduszce – otwór wylotowy

Źródło: badania własne.

Badania stolików z mikroślādami pobranymi z prawej dłoni denata oraz z otoczenia kaźdego z otworów w poduszce przeprowadzono metodą automatyczną, przy użyciu programu INCA GSR firmy Oxford Instruments, a następnie manualnie zweryfikowano skład pierwiastkowy oraz morfologię ujawnionych cząstek. W materiale pobranym z lewej ręki denata nie ujawniono cząstek, które z uwagi na skład chemiczny i cechy morfologiczne mogłyby zostać uznane za pozostałości powystrzałowe pochodzące ze spłonki amunicji do broni palnej. Również w materiale pobranym z otoczenia otworu wlotowego w poduszce (Rys. 4) nie ujawniono tego typu drobin. W materiale pobranym na stolik mikroskopowy z prawej dłoni denata ujawniono pięć cząstek metalicznych o morfologii wykazującej cechy stopienia i szybkiego schłodzenia: dwie zawierające ołów (Pb) i trzy antymonowe (Sb), zaliczane do kategorii cząstek zgodnych z pozostałościami powystrzałowymi. Na stolikach mikroskopowych z materiałem pobranym z otoczenia otworu wylotowego w poszewce poduszki (Rys. 5) ujawniono liczne cząstki o morfologii typowej dla metalicznych pozostałości powystrzałowych, zawierające ołów i antymon z domiesz-

ką cyny: 25 cząstek ołowiuowo-antymonowych, 41 antymonowych i 8 ołowio-
wych. Przykładowe obrazy wykrytych cząstek przedstawiono na Rysunkach
6 i 7, uzyskanych za pomocą sygnału elektronów wstecznie rozproszonych,
na których jasna barwa odpowiada pierwiastkom o wyższej liczbie atomowej,
takim jak ołów, antymon i bar, a ciemna – o niższej liczbie atomowej, jak na
przykład węgiel i tlen.

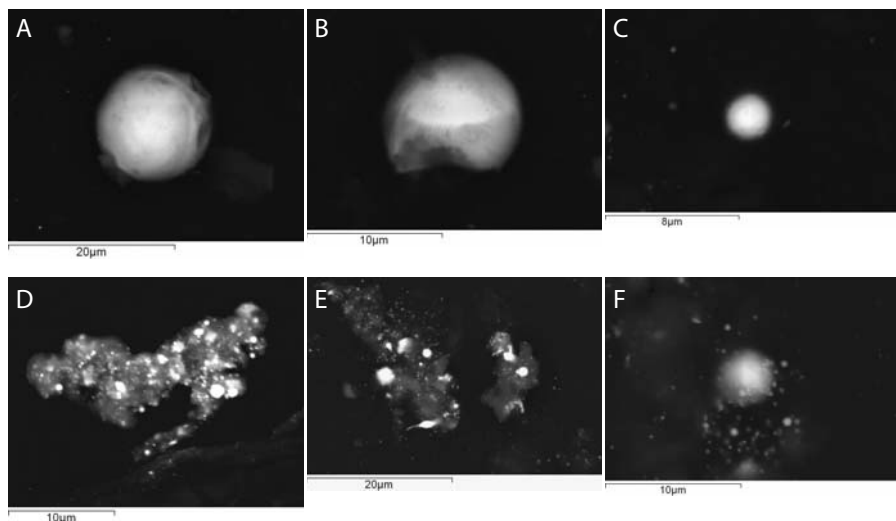
Pośród mikrośladów znajdujących się w materiale pobranym z otocze-
nia otworu wylotowego w poszewce poduszki (Rys. 5) ujawniono kilka czą-
stek o znacznych rozmiarach, złożonych z materii organicznej, stanowiących
najprawdopodobniej niespalone ziarno prochu strzelniczego i zatopionych
w niej licznych cząstkach ołowiuowych o kulistym kształcie i rozmiarach po-
niżej 1 mikrometra (Rys. 7 D–F). Cząstki tego typu przeważnie obserwuje się
w próbkach mikrośladów pobranych z okolic przestrzelin z przyłożenia lub
bezpośredniego pobliża, a czasem również w przypadku materiału pobranego
z dłoni osób strzelających.



Rysunek 6. Metaliczne cząstki powystrzałowe ujawnione w materiale pobranym
z prawej dłoni denata

Źródło: badania własne.

Wyniki przeprowadzonych badań dały podstawę do udzielenia następu-
jących odpowiedzi na zawarte w postanowieniu pytania. W dowodowej po-
duszce ujawniono przestrzelinę spowodowaną użyciem broni palnej przyło-
żonej, a nawet dociśniętej do poduszki. W obrębie otworu wlotowego i kanału
przestrzeliny nie ujawniono niespalonych drobin ziaren prochu strzelniczego,
jednakże zaobserwowano inne charakterystyczne cechy strzału z przyłożenia:
wąski rąbek osmalenia, nadtopienie włókien tkaniny poszewki na brzegach
otworu wlotowego, zagięcie brzegów tkaniny do środka poduszki, rozdzielanie
krzyżowe tkaniny poduszki, jak również brak cząstek metalicznych pochodzą-
cych z amunicji do broni palnej w materiale pobranym z okręgu o promie-
niu około 5 centymetrów wokół otworu wlotowego. Natomiast w okolicach
otworu wylotowego ujawniono wywiniecie brzegów tkaniny poszewki i wysypu
na zewnątrz poduszki, rozległe osmalenie, obecność plam materiału biolo-



Rysunek 7. Częstki powystrzałowe ujawnione w materiale pobranym z otoczenia otworu wylotowego w poduszce

Źródło: badania własne.

gicznego o wyglądzie krwi i tłuszczu, obecność licznych cząstek metalicznych pochodzących ze spłonki amunicji do broni palnej oraz drobin stanowiących stopiony materiał prochowy wraz z licznymi kulistymi drobinami ołowiu. W materiale pobranym na stolik mikroskopowy z prawej dłoni denata ujawniono pięć cząstek metalicznych o morfologii wykazującej cechy stopienia i szybkiego schłodzenia, dwie zawierające ołów i trzy antymonowe. Częstki te zalicza się do kategorii cząstek zgodnych z pozostałościami powystrzałowymi. Obecność tego typu cząstek w materiale pobranym z dłoni danej osoby można wytłumaczyć jedną z następujących prawdopodobnych sytuacji: osoba ta strzelała, dotykała broni, z której strzelano, lub jakiegokolwiek zanieczyszczonego pozostałościami powystrzałowymi przedmiotu albo znajdowała się w bezpośrednim pobliżu, gdy oddano strzał z broni palnej.

Podsumowanie

W niniejszym artykule zawarto omówienie rezultatów chemicznych i morfologicznych badań pozostałości powystrzałowych, między innymi w zależności od rodzaju amunicji, oraz badań nad ich rozkładem w otoczeniu osoby strzela-

jącej w przestrzeni i czasie po użyciu broni palnej. Celem podjęcia tych badań było stworzenie naukowych podstaw ekspertyzy fizykochemicznej w sprawach postrzału zarówno w zakresie opracowania metodyki badawczej, jak i w zakresie interpretacji uzyskiwanych wyników analitycznych.

Opiniowanie mające na celu powiązanie osoby podejrzanej z faktem użycia broni palnej wymaga wykrycia metalicznych cząstek powystrzałowych, podania ich składu chemicznego oraz liczebności w poszczególnych materiałach dowodowych. Do interpretacji uzyskanych wyników w pierwszej kolejności konieczna jest znajomość okoliczności zdarzenia oraz ocena ryzyka kontaminacji osób podejrzewanych oraz pobranego materiału dowodowego, a dopiero później zastosowanie formalnego schematu klasyfikacji.

Przeprowadzone badania zarówno nad czasem utrzymywania się cząstek na dłoniach, twarzy i odzieży, jak i różnorodności składu chemicznego drobin powystrzałowych w zależności od rodzaju amunicji, upoważniają do sformułowania rekomendacji dotyczących sposobu zabezpieczenia i rodzaju materiałów dowodowych w sprawie postrzału celem powiązania osoby z faktem użycia broni palnej (próbki z dłoni, odzieży i wnętrza łuski nabojoyej).

Wyniki badań nad rozkładem cząstek powystrzałowych w najbliższym otoczeniu broni bezpośrednio po wystrale dały podstawę do opracowania sposobu szacowania odległości strzału na podstawie fizykochemicznych badań rozkładu pozostałości powystrzałowych na przestrzelinach. W szczególności doprowadziły do poszerzenia możliwości opiniowania na temat odległości strzału w stosunku do dotychczas funkcjonujących trzech zakresów: tak zwanego przyłożenia lub bezpośredniego pobliża (0–ok. 1 cm), pobliża (ok. 1–50 cm) oraz z dalszej odległości (ok. 50–100 cm).

Badania korelacji pomiędzy pozostałościami pobranymi z otoczenia broni (przestrzeliny, dłonie osób strzelających) w stosunku do użytej amunicji pozwoliły na opracowanie metod typowania amunicji użytej w zdarzeniu:

- gdy dostępna jest łuska nabojoya – fizykochemiczne badania dyskryminacyjne drobin pobranych z jej wnętrza i z innych dowodów rzeczowych pozwalają na interpretację wyników badań z uwzględnieniem zarówno podobieństw, jak i możliwych różnic w składzie chemicznym i morfologii tych materiałów;
- gdy brak jest łuski – możliwa jest klasyfikacja grupowa rodzaju spłonki jedynie na podstawie badań chemicznych cząstek metalicznych.

Wypełnienie zadań z zakresu balistyki chemicznej na podstawie wszechstronnych badań fizykochemicznych materiału pobranego zarówno od osób podejrzewanych, jak i ofiar postrzału oraz studium akt sprawy mogą mieć istotny wkład w rekonstrukcję zdarzenia z użyciem broni.

Podziękowania

Autorka wyraża ogromną wdzięczność Koleżankom i Kolegom z Laboratorium Kryminalistycznego oraz Strzelnicy Komendy Wojewódzkiej Policji w Krakowie za profesjonalną pomoc w realizacji eksperymentów z użyciem broni i amunicji.

Część prezentowanych badań została wykonana w ramach projektu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju nr 0758/B/T00/2009/36, 2009-2012, zatytułowanego „Badania trwałości i rozpowszechnienia pozostałości powystrzałowych celem oceny ich wartości dowodowej dla celów sądowych”.